



Αρχιτεκτονικά Χαρακτηριστικά των Εκτεινόντων Μυών των Κάτω Ακρών και Κατακόρυφη Αλτική Ικανότητα Καλαθοσφαιριστών

Ουρανία Μυρωτή¹, Βασιλική Μάνου², Σταύρος Τασόπουλος¹, Νίκος Σταυρόπουλος³, & Σπύρος Κέλλης¹

¹ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

²ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

³ΤΕΦΑΑ Σερρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η κατακόρυφη αλτική ικανότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της απόδοσης των καλαθοσφαιριστών και απαιτεί την επίτευξη υψηλής ταχύτητας σύσπασης που επηρεάζεται από την αρχιτεκτονική των μυών. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της αρχιτεκτονικής των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων παιδιών και ενηλίκων καλαθοσφαιριστών και η διερεύνηση της σχέσης τους με την κατακόρυφη αλτική ικανότητα των καλαθοσφαιριστών. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 59 ενήλικες (n=34) και παιδιά (n=25) καλαθοσφαιριστές. Αξιολογήθηκαν η γωνία πρόσφυσης, η μυϊκή πυκνότητα, το μήκος και το σχετικό μήκος των μυϊκών ινών του έξω πλατύ μηριαίου, του έξω γαστροκνήμιου και του έσω γαστροκνήμιου και διερευνήθηκαν οι συσχετίσεις των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών με τις παραμέτρους των κατακόρυφων αλμάτων. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκαν υψηλές θετικές συσχετίσεις της μυϊκής πυκνότητας και του μήκους των μυϊκών ινών με τις παραμέτρους των κατακόρυφων αλμάτων και στους τρεις εξεταζόμενους μύς, ενώ μόνο στον έσω γαστροκνήμιο η γωνία πρόσφυσης σχετιζόταν θετικά με την κατακόρυφη αλτική ικανότητα. Βασικό συμπέρασμα της παρούσας έρευνας είναι ότι η μυϊκή πυκνότητα και το μήκος των μυϊκών ινών διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της επίδοσης στα κατακόρυφα άλματα.

Λέξεις κλειδιά: *καλαθοσφαίριση, υπέρηχος, μήκος δέσμης μυϊκών ινών, γωνία πρόσφυσης*

Architectural Characteristics of Leg Extensors Muscles and Jumping Ability of Basketball Players

Ourania Miroti,¹ Vasiliki Manou,² Stavros Tasopoulos,¹ Nikos Stavropoulos,³ & Spiros Kellis¹

¹Department of Physical Education & Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

²Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

³Department of Physical Education & Sport Science at Serres, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

Abstract

Jumping ability is very important in basketball performance and requires to generating high velocity of shortening which is determined by muscle architectural characteristics. The purpose of this study was to evaluate the architectural characteristics of leg extensors muscles of adults and junior basketball players and the investigation of their relationship with jumping ability. Adults (n=34) and junior (n=25) basketball players participate in this study. It was evaluated pennation angle, muscle thickness, fascicle length and relative fascicle length of vastus lateralis, gastrocnemius lateralis and gastrocnemius medialis and investigated the relationship of muscles architectural characteristics with jumping ability parameters. The results revealed that there were strong positive correlations of muscle thickness and fascicle length with vertical jumps parameters in examined muscles, and pennation angles of gastrocnemius medialis with jumping ability. In conclusion, muscle thickness and fascicle length have an important role in vertical jumping performance.

Keywords: *basketball, ultrasound, fascicle length, pennation angle*

Εισαγωγή

Η καλαθοσφαίριση αποτελεί τις τελευταίες δεκαετίες ένα από τα πιο δημοφιλή αθλήματα στον κόσμο. Η καλή κατακόρυφη αλτική ικανότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της απόδοσης των καλαθοσφαιριστών (Hudson, 1990; Κέλλης, 1999), αφού από αυτή εξαρτώνται πολλές δεξιότητες όπως το σουτ, οι διεκδικήσεις για το ριμπάουντ ή το τζάμπολ και οι προσπάθειες για το κόψιμο του σουτ του αντιπάλου (Aura & Viitasalo, 1989; Ball, 1989; Klinzing, 1991). Η κατακόρυφη αλτική ικανότητα χρησιμοποιείται ως δείκτης της απόδοσης των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων (Viitasalo, 1988) και για την αξιολόγηση και τη γενικότερη μελέτη της, χρησιμοποιούνται τυποποιημένες μορφές αλμάτων (Bosco, 1995).

Η πορεία ανάπτυξης της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας στα αγόρια είναι ανάλογη με αυτή της δύναμης. Αυξάνει γραμμικά με την πρόοδο της ηλικίας, με εξαίρεση την ηλικία όπου οι νεαροί εισέρχονται στην εφηβεία, όπου η αύξηση είναι πιο μεγάλη, για να ακολουθήσει στη συνέχεια η γραμμική της πορεία (Malina & Bouchard, 1991; Martin, 1994). Σε ότι αφορά στους καλαθοσφαιριστές, παρατηρήθηκε αύξηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας με την πρόοδο της ηλικίας, με μεγαλύτερη αυτή μεταξύ 13-14 ετών (Kellis, Tsitiskaris, Nikolopoulou, & Mousikou, 1999).

Εκτός από την ηλικία του αθλητή, η κατακόρυφη αλτική ικανότητα επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως από το είδος της αθλητικής δραστηριότητας (Kyrolainen & Komi, 1995; Viitasalo, Salo, & Lahtinen, 1998), τη σκληρότητα του μυοτενόντιου συστήματος (Bojsen-Moller, Magnusson, Rasmussen, Kjaer, & Aagaard, 2005), κάποια από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Silvestre, West, Maresh, & Kraemer, 2006) και βέβαια την εφαρμογή ενός προπονητικού προγράμματος. Από την ανασκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι ερευνητές επικεντρώνονται στη μελέτη της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας σε σχέση με το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή της δύναμης (Bobbert, Gerritsen, Litjens, & Van Soest, 1996), τη χρησιμοποίηση της ελαστικής ενέργειας (Asmussen & Bonde-Petersen, 1974) και τη συμβολή των αντανάκλαστικών (Dietz, Schmidtbleicher, & Noth, 1978; Gollhofer, Strojnik, Rapp, & Schweizer, 1992; Voigt, Dyhre-Poulsen, & Simonsen, 1998). Πολλές έρευνες εξετάζουν τη συμβολή των παραγόντων αυτών στην παραγωγή έργου κατά το άλμα από ημικάθισμα (Anderson & Pandey, 1993; Bobbert, 2001; Bobbert et al., 1996; Voigt et al., 1998). Αντίθετα, ελάχιστες είναι αυτές που εξετάζουν και αξιολογούν τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής των μυών των κάτω άκρων σε ηρε-

μία ή κατά τη διάρκεια του άλματος (Finni, Komi, & Lepola, 2000; Ishikawa, Finni, & Komi, 2003; Kawakami, Muraoka, Ito, Kanehisa, & Fukunaga, 2002; Kubo, Kanehisa et al., 2000; Kurokawa, Fukunaga, & Fukushima, 2001; Kurokawa, Fukunaga, Nagano, & Fukushima, 2003).

Η λειτουργία των σκελετικών μυών δεν επηρεάζεται μόνο από βιοχημικούς παράγοντες (Barany, 1967; Schluter, & Fitts, 1994), αλλά και από τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους (Bodine et al., 1982; Sacks & Roy, 1982; Spector, Gardiner, Zernicke, Roy, & Edgerton, 1980). Παρά το γεγονός ότι οι βιοχημικές ιδιότητες των μυών συμβάλλουν καθοριστικά στην επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας σύσπασης (Barany, 1967), τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση των βιοχημικών επιδράσεων (Bodine et al., 1982; Sacks & Roy, 1982; Spector et al., 1980). Οι διαφορές στην ταχύτητα σύσπασης μεταξύ δύο μυών αποδίδονται κύρια σε διαφορές στο μήκος δέσμης μυϊκών ινών παρά σε βιοχημικές διαφορές (Burkholder, Fingado, Baron, & Lieber, 1994; Sacks & Roy, 1982). Σύμφωνα με τους Binzoni et al. (2001), η αρχιτεκτονική του μυός επηρεάζεται από την ηλικία του ατόμου και μεταβάλλεται με την πρόοδο αυτής. Η γωνία πρόσφυσης φαίνεται να αυξάνεται προοδευτικά μέχρι την περίοδο της εφηβείας και για τα δύο φύλα, οπότε και σταθεροποιείται μέχρι την ηλικία των 65 ετών για να ακολουθήσει σταδιακή μείωση. Ανάλογη συμπεριφορά εμφανίζει η μυϊκή πυκνότητα και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών. Αυτή η πορεία των τριών χαρακτηριστικών αποδίδεται στην παράλληλη αύξηση του μήκους των οστών με την ενηλικίωση και στη φυσική κατάσταση (σωματική διάπλαση) των συμμετεχόντων (Kawakami, Abe, & Fukunaga, 1993).

Οι Kumagai et al. (2000), εξέτασαν τη σχέση μεταξύ της αρχιτεκτονικής των μυών των κάτω άκρων σε κατάσταση ηρεμίας και της επίδοσης στα 100 m δρομικής ταχύτητας. Σύμφωνα με τους ερευνητές το μήκος δέσμης μυϊκών ινών είναι αυτό που παίζει καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα σύσπασης των μυών των κάτω άκρων και συνδέεται άμεσα με την επίδοση στους δρόμους ταχύτητας. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξε και η έρευνα των Abe, Fukushima, Harada, & Kawamoto (2001) στην οποία συμμετείχαν 26 γυναίκες αθλήτριες ταχύτητας, όπως και οι Alegre, Aznar, Delgado, Jiménez και Aguado (2005), που εξέτασαν τη σχέση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά φοιτητών φυσικής αγωγής.

Η γρήγορη εξέλιξη της καλαθοσφαίρισης και συνεπώς η αύξηση των απαιτήσεων οδηγούν στην ανάγκη για περαιτέρω μελέτη της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας των καλαθοσφαιριστών και στην προσθήκη επιπλέον δεδομένων για την καθοδήγηση της προπονητικής διαδικασίας της καλαθοσφαίρισης, με στόχο τη βελτίωση της κατακόρυφης

αλτικής ικανότητας και συνεπώς και της απόδοσης των αθλητών. Η παρούσα μελέτη έχει στόχο να προσθέσει επιπλέον στοιχεία για τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής των εκτεινόντων μυών των αθλητών και ειδικότερα των παιδιών και ενηλίκων καλαθοσφαιριστών.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της σχέσης του μήκους δέσμης μυϊκών ινών, του σχετικού ως προς το εξεταζόμενο μέλος μήκους δέσμης μυϊκών ινών, της γωνίας πρόσφυσης τους στον τένοντα ή την απονεύρωση, καθώς και της μυϊκής πυκνότητας με την κατακόρυφη αλτική ικανότητα των καλαθοσφαιριστών.

Μέθοδος και Διαδικασία

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά συνολικά πενήντα εννέα (n=59) αθλητές καλαθοσφαίρισης (34 ενήλικες και 25 παιδιά). Οι δοκιμαζόμενοι ήταν άτομα που αθλούσαν συστηματικά τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα και είχαν προπονητική ηλικία τουλάχιστον 5 έτη οι ενήλικες και 1 έτος τα παιδιά. Όλα τα παιδιά ανήκαν βιολογικά στα δύο πρώτα στάδια της βιολογικής ωρίμανσης μιας πενταβάθμιας κλίμακας με βάση τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου (Tanner, 1973).

Πριν από τη δοκιμασία δόθηκαν αναλυτικές πληροφορίες για τους σκοπούς και την πειραματική διαδικασία της έρευνας και υπήρξε εξουκείωση με τα όργανα των μετρήσεων. Οι κηδεμόνες των παιδιών, αφού ενημερώθηκαν για τη διαδικασία, υπέγραψαν το έντυπο συγκατάθεσης. Στον Πίνακα 1 φαίνονται αναλυτικά τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων, των παιδιών και του συνόλου του δείγματος.

Διαδικασία μέτρησης

Αξιολόγηση αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών. Για την καταγραφή των χαρακτηριστικών της αρχιτεκτονικής του γαστροκνήμιου και του έξω πλατύ μη-

ριαίου χρησιμοποιήθηκε ο B-mode υπέρηχος της εταιρίας ESAOTE Pie Medical (240 Parus) με ηχοβολέα συχνότητας καταγραφής εικόνας 8 MHz. Για καλύτερη αγωγιμότητα στη λήψη των εικόνων χρησιμοποιήθηκε ειδικό υδατοδιαλυτό ζελέ που απλώθηκε στην επιφάνεια του δέρματος.

Με τη χρήση του υπερήχου εξετάστηκαν η μυϊκή πυκνότητα (muscle thickness ή mth), η γωνία πρόσφυσης της μυϊκής ίνας (pennation angle, θ_a) στη βαθειά απονεύρωση του τένοντα, το μήκος δέσμης μυϊκών ινών (fascicle length ή fl) και το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών (relative fascicle length ή rfl) ως ο λόγος του μήκους δέσμης των μυϊκών ινών προς το εξεταζόμενο σκέλος (κνήμη ή μηρός) κατά την ηρεμία. Συγκεκριμένα, η μυϊκή πυκνότητα υπολογίστηκε ως η κάθετη απόσταση μεταξύ της βαθειάς και επιφανειακής απονεύρωσης. Η γωνία πρόσφυσης της μυϊκής ίνας υπολογίστηκε ως η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της βαθειάς απονεύρωσης και της μυϊκής ίνας. Η απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων με τη χρήση του υπερήχου και των μετρήσεων σε πτώματα κυμαίνεται από 0° έως 1° (Kawakami et al., 1993; Narici et al., 1996). Τέλος, το μήκος δέσμης μυϊκών ινών υπολογίστηκε είτε με άμεσο τρόπο, αν το σύνολο της δέσμης των μυϊκών ινών φαίνονταν στην εικόνα του υπερήχου, είτε με έμμεσο με ακρίβεια χιλιοστού του μέτρου σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (Abe et al., 2001; Chow et al., 2000; Kubo et al., 2003). Για τον προσδιορισμό του fl με αυτόν τον τρόπο ο συντελεστής διακύμανσης είναι 4.7% (Abe et al., 2001):

$$fl = mth \times \sin\theta_a^{-1}, \text{ όπου } \sin\theta_a = \text{το ημίτονο της γωνίας } \theta_a.$$

Για την καταγραφή των χαρακτηριστικών της αρχιτεκτονικής του έξω πλατύ μηριαίου ο εξεταζόμενος βρισκόταν σε ύπτια κατάκλιση έτσι ώστε να σχηματίζεται γωνία 0° μεταξύ κορμού και μηρού στην άρθρωση του ισχίου αλλά και γωνία 0° στην άρθρωση του γονάτου. Το σημείο εξέτασης ορίστηκε στο μέσο της απόστασης μεταξύ έξω κονδύλου του μηριαίου οστού και μείζονα τροχαντήρα (Abe et al., 2001; Ishikawa & Komi, 2004; Kubo et al., 2003). Για

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) των παιδιών, των ενηλίκων και του συνόλου των καλαθοσφαιριστών.

	Παιδιά (n=25)	Ενήλικες (n=34)	Σύνολο (n=59)
Ηλικία (έτη)	10.96±0.73	23.53±3.86	18.20±6.93
Ανάστημα (cm)	150.32±6.75	194.03±7.47	175.51±22.92
Σωματική μάζα (kg)	44.81±7.25	92.41±11.83	72.24±25.77
ΔΜΣ*	19.88±2.56	24.51±1.96	22.55±3.20
Μήκος κνήμης (cm)	33.8±2.1	43.4±2.3	39.3±5.2
Μήκος μηρού (cm)	36.0±2.9	45.4±3.1	41.4±5.6

ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος = σωματική μάζα / ανάστημα²

την καταγραφή των χαρακτηριστικών της αρχιτεκτονικής του γαστροκνήμιου ο δοκιμαζόμενος βρισκόνταν σε πρηνή κατάκλιση, με την ποδοκνημική άρθρωση να προεξέχει από το κρεβάτι εξέτασης ώστε να βρίσκεται στην ανατομική της θέση (Binzoni et al., 2001; Chow et al., 2000). Για τον έσω γαστροκνήμιο ορίστηκε ως σημείο εξέτασης το 30% της απόστασης μεταξύ έσω σφυρού και έσω κονδύλου της κνήμης (Abe et al., 2001; Kearns, Ishikawa, & Abe, 2001), ενώ για τον έξω γαστροκνήμιο το 30% της απόστασης μεταξύ έξω σφυρού και έξω κονδύλου της κνήμης (Abe et al., 2001). Ο ηχοβολέας τοποθετούνταν παράλληλα με τον επιμήκη άξονα των εξεταζόμενων μυών (Abe et al., 2001; Binzoni et al., 2001; Kubo et al., 2003; Kawakami et al., 1993; Kumagai et al., 2000).

Αξιολόγηση κατακόρυφης αλτικής ικανότητας. Για τη μέτρηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε σταθερό δυναμοδάπεδο (Bertec Corporation, FP 4060-10) με συχνότητα καταγραφής 1000Hz. Η σειρά εκτέλεσης των αλμάτων ήταν άλμα από ημικάθισμα (squat jump ή SJ), άλμα με αντίθετη κίνηση (countermovement jump ή, CMJ) και άλμα με αντίθετη κίνηση με τη χρησιμοποίηση χεριών (counter movement jump with hands ή CMJH).

Στο άλμα από το ημικάθισμα η γωνία του γόνατος ήταν στις 90° (Bosco, 1995), ο κορμός όρθιος και τα χέρια στη μεσολαβή. Από αυτή τη θέση οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα και προσγειώση στο σημείο από όπου απογειώθηκαν (Bosco, 1995). Στο άλμα με αντίθετη κίνηση οι δοκιμαζόμενοι από την όρθια στάση και με τα χέρια στη μεσολαβή, εκτελούσαν γρήγορη κάμψη των γονάτων μέχρι το ημικάθισμα (90°) και στη συνέχεια μέγιστο κατακόρυφο άλμα. Τέλος, στο άλμα με αντίθετη κίνηση με τη χρησιμοποίηση των χεριών αφητηρία ήταν και πάλι η όρθια στάση από την οποία εκτελούσαν γρήγορη κάμψη των γονάτων στο ημικάθισμα (90°) και στη συνέχεια μέγιστο κατακόρυφο άλμα με παράλληλη αιώρηση των άνω άκρων και ώθηση προς τα πάνω.

Πραγματοποιήθηκαν τρεις προσπάθειες σε κάθε τύπο άλματος από τις οποίες καταγράφηκε η καλύτερη.

Πίνακας 2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των επιδόσεων στις κατακόρυφες αλτικές δοκιμασίες των παιδιών, των ενηλίκων και του συνόλου του δείγματος.

Δοκιμασίες	Παιδιά (n=25)	Ενήλικες (n=34)	Σύνολο (n=59)
SJ ύψος (cm)	21.90±3.64	36.39±4.45*	30.25±8.30
CMJ ύψος (cm)	24.37±4.79	39.53±5.21*	33.36±9.03
CMJH ύψος (cm)	27.62±5.48	46.43±6.01*	39.04±10.91

SJ: Άλμα από ημικάθισμα, CMJ: Άλμα με αντίθετη κίνηση, CMJH: Άλμα με αντίθετη κίνηση με χρησιμοποίηση χεριών.
* Στατιστικά σημαντική διαφορά με τα παιδιά ($p < .001$).

τερη. Το διάλειμμα μεταξύ των αλμάτων διαρκούσε ένα λεπτό. Από το χρόνο πτήσης (sec) υπολογίστηκε το ύψος του άλματος (Komi & Bosco, 1987).

Στατιστική ανάλυση

Για την εξέταση της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών της αρχιτεκτονικής των μυών και της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson (Pearson's product moment correlation coefficient). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο .05.

Αποτελέσματα

Οι επιδόσεις των ενηλίκων, των παιδιών και του συνόλου του δείγματος στα κατακόρυφα άλματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) του έξω πλατύ μηριαίου, του έξω γαστροκνήμιου και του έσω γαστροκνήμιου.

Ο έλεγχος των συσχετίσεων μεταξύ των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών φανέρωσε ότι η γωνία πρόσφυσης επηρεάζεται αρνητικά από το μήκος και το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r = -.54, p < .01$), η μυϊκή πυκνότητα επηρεάζεται θετικά από το μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r = .51, p < .01$) και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών επηρεάζει θετικά το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r = .72, p < .01$) και στους τρεις μύς που εξετάστηκαν.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των εξεταζόμενων μυών με τις επιδόσεις στις αλτικές δοκιμασίες. Η μυϊκή πυκνότητα και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών του έξω πλατύ μηριαίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της αλτικής ικανότητας. Συγκεκριμένα, η μυϊκή πυκνότητα παρουσιάζει σημαντική θετική συσχέτιση με το ύψος του άλματος από ημικάθισμα ($r = .65, p < .01$) και του άλματος με αντίθετη κίνηση με χέρια και χωρίς ($r = .65$ και $r = .65, p < .01$ αντίστοιχα). Το μήκος δέσμης μυϊκών ινών του έξω πλατύ μηριαίου παρουσιάζει ανάλογη εικόνα με τη μυϊκή πυκνότητα εμφανίζοντας σημαντικές συσχετίσεις με τις επιδόσεις των κατακόρυφων αλμάτων (r από .47 έως .51, $p < .01$).

Πίνακας 3. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των παιδιών, των ενηλίκων και του συνόλου του δείγματος.

Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά	Παιδιά (n=25)	Ενήλικες (n=34)	Σύνολο (n=59)
Έξω πλατύς μηριαίος			
Γωνία πρόσφυσης (°)	17.24±3.84	17.18±3.13	17.20±3.42
Μυϊκή πυκνότητα (cm)	2.13±0.27	2.72±0.35*	2.47±0.43
Μήκος δέσμης μυϊκών ινών (cm)	7.49±1.52	9.51±2.25*	8.66±2.21
Σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών	0.21±0.05	0.21±0.05	0.21±0.05
Έξω γαστροκνήμιος			
Γωνία πρόσφυσης (°)	17.08±4.74	18.21±4.04	17.73±4.35
Μυϊκή πυκνότητα (cm)	1.32±0.21	1.78±0.28*	1.58±0.34
Μήκος δέσμης μυϊκών ινών (cm)	4.70±1.25	5.61±1.86*	5.22±1.68
Σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών	0.14±0.04	0.13±0.04	0.13±0.04
Έσω γαστροκνήμιος			
Γωνία πρόσφυσης (°)	20.92±3.40	25.91±4.78*	23.80±4.89
Μυϊκή πυκνότητα (cm)	1.55±0.21	2.23±0.30*	1.94±0.43
Μήκος δέσμης μυϊκών ινών (cm)	4.15±0.69	5.06±0.85*	4.68±0.90
Σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών	0.12±0.02	0.12±0.02	0.12±0.02

* Στατιστικά σημαντική διαφορά με τα παιδιά ($p < .001$).

Στον έξω γαστροκνήμιο, η μυϊκή πυκνότητα εμφανίζει, όπως και στον έξω πλατύ, σημαντικές θετικές συσχετίσεις με τις επιδόσεις στα κατακόρυφα άλματα. Συγκεκριμένα, στο άλμα από ημικάθισμα ο συντελεστής r της μυϊκής πυκνότητας

με το ύψος του άλματος είναι .57 ($p < .01$) και στο άλμα με αντίθετη κίνηση με χέρια και χωρίς .49 ($p < .01$) και .52 ($p < .01$) αντίστοιχα. Το μήκος δέσμης μυϊκών ινών παρουσιάζει χαμηλή συσχέτιση με το ύψος του άλματος από ημικάθισμα ($r = .27, p < .05$).

Πίνακας 4. Συσχετίσεις των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών με τις επιδόσεις των αλτικών δοκιμασιών του συνόλου του δείγματος (n=59).

	θ_a	mth	fl	rfl
Έξω πλατύς μηριαίος				
SJ ύψος (cm)	-.09	.65**	.51**	.07
CMJ ύψος (cm)	-.03	.62**	.47**	.07
CMJH ύψος (cm)	-.07	.65**	.49**	.08
Έξω γαστροκνήμιος				
SJ ύψος (cm)	.09	.57**	.27*	-.08
CMJ ύψος (cm)	.07	.49**	.24	-.06
CMJH ύψος (cm)	.09	.52**	.22	-.10
Έσω γαστροκνήμιος				
SJ ύψος (cm)	.42**	.60**	.38**	-.18
CMJ ύψος (cm)	.45**	.57**	.31*	-.18
CMJH ύψος (cm)	.54**	.59**	.33*	-.24

* $p < .05$, ** $p < .01$, ns: not statistically significant

Στον έσω γαστροκνήμιο, η γωνία πρόσφυσης, η μυϊκή πυκνότητα και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών του έσω γαστροκνήμιου παρουσιάζουν σημαντικές συσχετίσεις με τις επιδόσεις των αλμάτων. Το ύψος του άλματος από ημικάθισμα σχετίζεται θετικά με τη γωνία πρόσφυσης, τη μυϊκή πυκνότητα και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r=.42$, $r=.60$ και $r=.38$, $p<.01$ αντίστοιχα). Στο άλμα με αντίθετη κίνηση παρουσιάζεται σημαντική συσχέτιση του ύψους του άλματος με τη γωνία πρόσφυσης ($r=.45$, $p<.01$) και τη μυϊκή πυκνότητα ($r=.57$, $p<.01$) και μεσαία συσχέτιση με το μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r=.31$, $p<.05$). Το άλμα με αντίθετη κίνηση με τη χρησιμοποίηση των χεριών παρουσιάζει παρόμοιες συσχετίσεις, όπως και τα άλλα δύο άλματα, με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν. Έτσι, το ύψος του άλματος σχετίζεται θετικά με τη γωνία πρόσφυσης, τη μυϊκή πυκνότητα και το μήκος δέσμης μυϊκών ινών ($r=.54$, $r=.59$ και $r=.33$, $p<.05$ αντίστοιχα).

Αντίθετα, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των επιδόσεων των αλμάτων και της γωνίας πρόσφυσης του έξω πλατύ και του γαστροκνήμιου, καθώς επίσης και του σχετικού μήκος δέσμης μυϊκών ινών και των τριών εξεταζόμενων μυών.

Συζήτηση

Τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των καλαθοσφαιριστών παρουσιάζουν ομοιότητες αλλά και διαφορές με αθλητές διάφορων αθλημάτων αλλά και με μη ασκούμενα άτομα. Κατά τη σύγκριση της γωνίας πρόσφυσης του έξω πλατύ των καλαθοσφαιριστών με αθλητές ομαδικών (Abe, Brown, & Brechue, 1999; Blazeovich, Gill, Bronks & Newton, 2003) και ατομικών αθλημάτων (Abe, Kumagai, & Brechue, 2000; Kumagai et al., 2000), παρατηρήθηκαν διαφορές που πιθανά να οφείλονται στη φύση των αθλημάτων, λόγω της συμμετοχής ή μη των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων στις διάφορες δεξιότητες αλλά και στις απαιτήσεις του κάθε αθλήματος σε δύναμη και ταχύτητα (Lieber & Friden, 2000; 2001).

Συγκρίνοντας τη γωνία πρόσφυσης των καλαθοσφαιριστών της παρούσας έρευνας με αυτή μη ασκούμενων ατόμων (Mahlfield, Franke, & Awiszus, 2004), παρατηρήθηκε ότι η γωνία των καλαθοσφαιριστών ήταν μεγαλύτερη, λόγω των μεταβολών που επέρχονται στα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των μυών εξαιτίας της προπόνησης (Aagaard et al., 2001; Blazeovich et al., 2003) και συγκεκριμένα της μυϊκής υπερτροφίας που αυτή επιφέρει (Binzoni et al., 2001; Kawakami et al., 1993). Η διαφορά στο μήκος δέσμης μυϊκών ινών μεταξύ των αθλητών διάφορων αθλημάτων σε σχέση με τους μη ασκούμενους φαίνεται να αποδίδεται είτε σε γενετικούς

παράγοντες είτε σε εξωτερικά ερεθίσματα που δέχονται τα άτομα, όπως η προπονητική επιβάρυνση (Abe et al., 2000). Η πιθανότητα της προσαρμογής του μήκους δέσμης μυϊκών ινών, αλλά και γενικότερα των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των μυών, μετά από χρόνια προπόνηση είναι ακόμα σε θεωρητικό επίπεδο, παρά το γεγονός ότι έχουν παρατηρηθεί προσαρμογές σε έρευνες που αφορούσαν σε προπονητική παρέμβαση σε ζώα (Holly, Barnett, Ashmore, Taylor, & Mole, 1980; Lynn, Talbot, & Morgan, 1998; Tarbary, Tarbary, Tardieu, Tardieu, & Goldspink, 1972).

Από τη μελέτη των συσχετίσεων των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών μεταξύ τους διαπιστώθηκε ότι η γωνία πρόσφυσης και των τριών εξεταζόμενων μυών παρουσιάζει υψηλές αρνητικές συσχετίσεις με τη σχετική μυϊκή πυκνότητα (τιμές του r από $.59$ έως $.75$). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν, ως προς τη φύση και την ένταση των συσχετίσεων, με άλλες έρευνες (Abe et al., 2000; Kumagai et al., 2000), με μόνη εξαίρεση την έρευνα των Abe et al., 2001, όπου η συσχέτιση είναι και πάλι αρνητική αλλά μικρότερης έντασης (τιμές του r από $.40$ έως $.43$).

Το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών και η σχετική μυϊκή πυκνότητα του έξω πλατύ και του έξω γαστροκνήμιου σχετίζονται θετικά μεταξύ τους, όπως και στις έρευνες των Abe et al. (2000) και Kumagai et al. (2000). Ο έσω γαστροκνήμιος, στην παρούσα έρευνα, δεν παρουσιάζει κάποια συσχέτιση μεταξύ των δύο αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών, σε αντίθεση με άλλες παρόμοιες έρευνες, όπου οι συσχετίσεις που παρουσιάζονται είναι θετικές και μεγάλης έντασης με τις τιμές του r να κυμαίνονται από $.69$ έως $.71$ (Abe et al., 2000; Kumagai et al., 2001). Η διαφορά αυτή πιθανά να οφείλεται στη διαφορετική φύση του αθλήματος της καλαθοσφαίρισης σε σχέση με τους δρόμους ταχύτητας, όπου οι απαιτήσεις σε ταχυδυναμικές ικανότητες των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων, και συγκεκριμένα του έσω γαστροκνήμιου, είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους καλαθοσφαιριστές.

Η μυϊκή πυκνότητα του έσω γαστροκνήμιου, όπως και στην έρευνα σε αθλητές της άρσης βαρών των Brechue και Abe (2002), σχετίζεται θετικά με τη γωνία πρόσφυσης και με μεγαλύτερη ένταση. Στον έξω πλατύ δεν εμφανίζεται κάποια συσχέτιση της μυϊκής πυκνότητας με τη γωνία πρόσφυσης σε καμία από τις δύο έρευνες, ενώ στον έξω γαστροκνήμιο η παρούσα έρευνα δεν παρουσιάζει συσχέτιση σε αντίθεση με τους αθλητές της άρσης βαρών, όπου η συσχέτιση είναι αρκετά υψηλή. Φαίνεται πως η διαφορά αυτή πιθανά προέρχεται από τη μεγαλύτερη μυϊκή υπερτροφία των αθλητών της άρσης βαρών (Kawakami et al., 1993).

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αναφορές στη συσχέτιση των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών μεταξύ τους σε παιδιά. Η έρευνα των

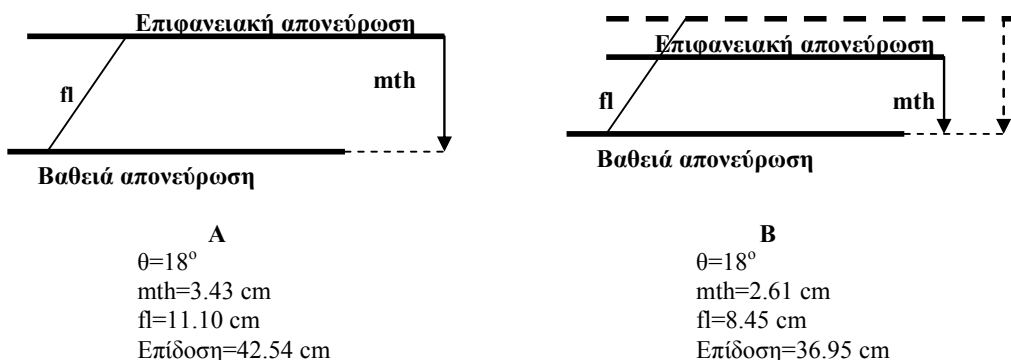
Kearns et al. (2001), είναι η μοναδική που εξετάζει αθλητές και συγκεκριμένα ποδοσφαιριστές, που βρίσκονται στην εφηβική ηλικία. Σε αυτή την έρευνα η σχετική μυϊκή πυκνότητα εμφανίζει θετική συσχέτιση με το μήκος δέσμης μυϊκών ινών του έσω γαστροκνήμιου, αποτέλεσμα που προκύπτει και στην περίπτωση των καλαθοσφαιριστών.

Σύμφωνα και με προηγούμενες έρευνες (Bosco & Komí, 1980; Malina & Bouchard, 1991; Martin, 1994; Paassuke, Erelaine, & Gapeyeva, 2003), οι ενήλικες παρουσιάζουν μεγαλύτερες επιδόσεις στα κατακόρυφα άλματα. Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκε ότι υπερέχουν και στο μήκος δέσμης μυϊκών ινών, καθώς και στη μυϊκή πυκνότητα, όχι όμως στη γωνία πρόσφυσης και το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών. Επομένως, οι διαφορές στην επίδοση μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στο μήκος δέσμης των μυϊκών ινών και στη μυϊκή πυκνότητα, όπου και υπάρχουν υψηλές συσχετίσεις με την επίδοση στα κατακόρυφα άλματα, σε αντίθεση με τα άλλα δύο αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά που δεν εμφανίζουν καμία συσχέτιση.

Η παρούσα έρευνα φανέρωσε τη σημαντική συσχέτιση της μυϊκής πυκνότητας με την αλτική ικανότητα και στους τρεις εξεταζόμενους μυς των καλαθοσφαιριστών, κάτι που δεν εμφανίζεται σε

παρόμοια έρευνα σε φοιτητές φυσικής αγωγής (Alegre et al., 2005), αλλά και σε δρομείς ταχύτητας, όπου έγινε προσπάθεια συσχέτισης των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών με τη δρομική ταχύτητα (Brechue & Abe, 2002; Kumagai et al., 2000). Μάλιστα, τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών είναι άκρως αντίθετα σε ότι αφορά στη σχέση της επίδοσης και του μήκους δέσμης μυϊκών ινών, ενώ είναι παρόμοια σε ότι αφορά στη γωνία πρόσφυσης (Kumagai et al., 2000).

Προκειμένου να εξηγηθεί η επίδραση της μυϊκής πυκνότητας στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα κατασκευάστηκε ένα θεωρητικό μοντέλο (Εικόνα 1). Στο μοντέλο αυτό φαίνεται ότι αν συγκριθούν δύο μύες που έχουν την ίδια γωνία πρόσφυσης (18°), αλλά διαφορετική μυϊκή πυκνότητα (3.43 cm ο Α και 2.61 cm ο Β), τότε ο μύς που έχει τη μεγαλύτερη μυϊκή πυκνότητα θα έχει και μεγαλύτερο μήκος δέσμης μυϊκών ινών (11.10 cm ο Α και 8.45 cm ο Β), αφού υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Συνέπεια των παραπάνω, σύμφωνα με την καμπύλη της ταχυδυναμής των Lieber & Friden (2000; 2001), είναι η μείωση της ταχύτητας σύσπασης, άρα και η μειωμένη ταχυδυναμική ικανότητα και επίδοση (42.54 cm ο Α και 36.95 cm ο Β).



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση της επίδρασης του μήκους δέσμης μυϊκών ινών και της μυϊκής πυκνότητας στη διαμόρφωση της επίδοσης στα κατακόρυφα άλματα.

Βασικό συμπέρασμα της παρούσας έρευνας είναι ότι το μήκος δέσμης μυϊκών ινών και η μυϊκή πυκνότητα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα σύσπασης των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων και συνεπώς στην καλύτερη εκμετάλλευση της ελαστικής ενέργειας (Cavagna, Saibene, & Margarita, 1965), με αποτέλεσμα την επίτευξη μεγαλύτερων επιδόσεων στα κατακόρυφα άλματα.

Το παραπάνω συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από τις έρευνες των Viitasalo, Osterback, Alen, Rahkila, και Havas, (1987) και Kyrolainen και Komí (1995), από τις οποίες προκύπτει ότι η κατακόρυφη αλτική ικανότητα των αθλητών που προέρχονται από ταχυδυναμικά αθλήματα είναι μεγαλύτερη από αυτή των αθλητών που προέρχονται από αθλήμα-

τα αντοχής σε όλες τις ηλικίες και παρουσιάζουν μικρότερο χρόνο επαφής με το έδαφος σε σχέση με τους απροπόνητους, μεγαλύτερες δυνάμεις ώθησης, καθώς και μεγαλύτερες δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, παράγοντες που διαφοροποιούν θετικά την επίδοση.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δε διαπιστώθηκε σχέση της γωνίας πρόσφυσης με την επίδοση στις κατακόρυφες αλτικές δοκιμασίες, αφού δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους. Αντίθετα, σε έρευνα σε δρομείς ταχύτητας των Kumagai et al. (2000), η γωνία πρόσφυσης του έξω πλατύ σχετίζεται θετικά με τη δρομική ταχύτητα και συνεπώς με την ταχύτητα σύσπασης. Ανάλογα ήταν και τα αποτελέ-

ματα για το σχετικό μήκος δέσμης μυϊκών ινών, όπου οι Kumagai et al. (2000), αναφέρουν και πάλι συσχέτιση με τη δρομική ταχύτητα.

Εξαιρέση αποτελεί ο έσω γαστροκνήμιος, όπου διαπιστώθηκαν υψηλές συσχετίσεις της γωνίας πρόσφυσης με τις επιδόσεις όλων των κατακόρυφων αλμάτων. Αυτό μπορεί ίσως να αποδοθεί στο γεγονός ότι ο έσω γαστροκνήμιος διακρίνεται για τις μεγαλύτερες γωνίες πρόσφυσης και το μικρότερο μήκος δέσμης μυϊκών ινών που του επιτρέπουν να παράγει μεγαλύτερες δυνάμεις σε σχέση με τον έξω γαστροκνήμιο (Abe et al., 2001; Kumagai et al., 2000).

Συμπερασματικά από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώθηκε ότι η αρχιτεκτονική των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων, και πιο συγκεκριμένα η μυϊκή πυκνότητα και το μήκος των μυϊκών ινών, αποτελεί έναν από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατακόρυφη αλτική ικανότητα των καλαθοσφαιριστών. Ασφαλώς δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας αφού σημαντικό ρόλο στη μυϊκή απόδοση παίζουν ο τύπος των μυϊκών ινών, η νευρομυϊκή λειτουργία αλλά και το προπονητικό υπόβαθρο των ατόμων.

Σημασία για τον Αθλητισμό

Η παρούσα μελέτη προσθέτει επιπλέον στοιχεία για τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής των εκτεινόντων μυών αθλητών και ειδικότερα των παιδιών και ενηλίκων καλαθοσφαιριστών και προσφέρει ένα πρόσθετο δεδομένο στην προπονητική διαδικασία της καλαθοσφαίρισης, με στόχο τη βελτίωση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας και συνεπώς και της απόδοσης των αθλητών.

Βιβλιογραφία

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., et al. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *Journal of Physiology*, 534, 613-623.
- Abe, T., Brown, J. B., & Brechue, W. F. (1999). Architectural characteristics of muscle in black and white college football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(10), 1448-1452.
- Abe, T., Fukashiro, S., Harada, Y., & Kawamoto, K. (2001). Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 20(2), 141-147.
- Abe, T., Kumagai, K., & Brechue, W. F. (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(6), 1125-1129.
- Alegre, L.M., Aznar, D., Delgado, T., Jiménez, F., & Aguado, X. (2005). Architectural characteristics of vastus lateralis muscle and jump performance in young men. *Journal of Human Movement Studies*, 48, 109-123.
- Anderson, F. C., & Pandy, M. G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics*, 26(12), 1413-1427.
- Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 385-392.
- Aura, O., & Viitasalo, J. T. (1989). Biomechanical characteristics of jumping. *International Journal of Sports Biomechanics*, 5, 89-98.
- Ball, R. K. (1989). The basketball jump shot: A kinesiology analysis with recommendations for strength and conditioning programs. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 11(5), 4-12.
- Barany, M. (1967). ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *The Journal of General Physiology*, 50(6), Suppl: 197-218.
- Binzoni, T., Bianchi, S., Hanquinet, S., Kaelin, A., Sayegh, Y., Dumont, M., et al. (2001). Human gastrocnemius medialis pennation angle as a function of age: from newborn to the elderly. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 20(5), 293-298.
- Blazevich, A. J., Gill, N. D., Bronks, R., & Newton, R. U. (2003). Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(12), 2013-2022.
- Bobbert, M. F. (2001). Dependence of human squat jump performance on the series elastic compliance of the triceps surae: a simulation study. *Journal of Experimental Biology*, 204(Pt 3), 533-542.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(11), 1402-1412.
- Bodine, S. C., Roy, R. R., Meadows, D. A., Zernicke, R. F., Sacks, R. D., Fournier, M., et al. (1982). Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: the cat semitendinosus. *Journal of Neurophysiology*, 48(1), 192-201.
- Bojsen-Moller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic

- contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 986-994.
- Bosco, C. (1995). Αξιολόγηση της ταχυδύναμης-Τεστ Bosco. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 45(2-3), 209-219.
- Brechue, W. F., & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 327-336.
- Burkholder, T. J., Fingado, B., Baron, S., & Lieber, R. L. (1994). Relationship between muscle fiber types and sizes and muscle architectural properties in the mouse hindlimb. *Journal of Morphology*, 221(2), 177-190.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P., & Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20, 157-158.
- Chow, R. S., Medri, M. K., Martin, D. C., Leekam, R. N., Agur, A. M., & McKee, N. H. (2000). Sonographic studies of human soleus and gastrocnemius muscle architecture: gender variability. *European Journal of Applied Physiology*, 82(3), 236-244.
- Dietz, V., Schmidtbleicher, S., & Noth, J. (1978). Neuronal mechanism of human locomotion. *Journal of Physiology*, 238, 139-155.
- Finni, T., Komi, P. V., & Lepola, V. (2000). In vivo human triceps surae and quadriceps femoris muscle function in a squat jump and counter movement jump. *European Journal of Applied Physiology*, 83(4-5), 416-426.
- Gollhofer, A., Strojnik, V., Rapp, W., & Schweizer, L. (1992). Behaviour of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(4), 283-291.
- Holly, R. G., Barnett, J. G., Ashmore, C. R., Taylor, R.G., & Mole, P.A. (1980). Stretch-induced growth in chicken wing muscles: a new model of stretch hypertrophy. *American Journal of Physiology*, 238(1), C62-71.
- Hudson, J. L. (1990). Drop, stop, pop: Keys to vertical jumping. *Strategies* June, 11-14.
- Ishikawa, M., Finni, T., & Komi, P. V. (2003). Behaviour of vastus lateralis muscle-tendon during high intensity SSC exercises in vivo. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(3), 205-213.
- Ishikawa, M., & Komi, P. V. (2004). Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 848-852.
- Kawakami, Y., Abe, T., & Fukunaga, T. (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *Journal of Applied Physiology*, 74(6), 2740-2744.
- Kawakami, Y., Muraoka, T., Ito, S., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). In vivo muscle fibre behaviour during counter-movement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *Journal of Physiology*, 540(Pt 2), 635-646.
- Kearns, C. F., Isokawa, M., & Abe, T. (2001). Architectural characteristics of dominant leg muscles in junior soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 85(3-4), 240-243.
- Κέλλης, Σ. (1999). Φυσική κατάσταση νεαρών καλαθοσφαιριστών. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Kellis, S., Tsitskaris, G., Nikolopoulou, M., & Mousikou, K. (1999). The evaluation of jumping of male and female basketball players according to their chronological age major leagues. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 40-46.
- Klinzing, J. E. (1991). Basketball: Training for improve jumping ability of basketball players. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 13, 27-32.
- Komi, P. V., & Bosco, C. (1987). *Utilization of elastic energy in jumping and its relation to skeletal muscle fibre composition in man* (Biomechanics VI-A ed.). Baltimore: Univercity Park Press.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S. Y., Okada, M., et al. (2003). Muscle architectural characteristics in women aged 20-79 years. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 39-44.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Takeshita, D., Kawakami, Y., Fukashiro, S., & Fukunaga, T. (2000). In vivo dynamics of human medial gastrocnemius muscle-tendon complex during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 170(2), 127-135.
- Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of Applied Physiology*, 88, 811-816.
- Kurokawa, S., Fukunaga, T., & Fukashiro, S. (2001). Behavior of fascicles and tendinous structures of human gastrocnemius during vertical jumping. *Journal of Applied Physiology*, 90(4), 1349-1358.
- Kurokawa, S., Fukunaga, T., Nagano, A., & Fukashiro, S. (2003). Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), 2306-2314.
- Kyrolainen, H., & Komi, P. V. (1995). Differences in mechanical efficiency between power- and endurance-trained athletes while jumping. *Euro*

- pean *Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(1), 36-44.
- Lieber, R. L., & Friden, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle and Nerve*, 23(11), 1647-1666.
- Lieber, R. L., & Friden, J. (2001). Clinical significance of skeletal muscle architecture. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 383, 140-151.
- Lynn, R., Talbot, J. A., & Morgan, D. L. (1998). Differences in rat skeletal muscles after incline and decline running. *Journal of Applied Physiology*, 85(1), 98-104.
- Mahlfeld, K., Franke, J., & Awiszus, F. (2004). Post-contraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle and Nerve*, 29(4), 597-600.
- Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). *Growth, Maturation and Physical Activity*: Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martin, D. (1994). Προπόνηση στην παιδική και εφηβική ηλικία. Θεσσαλονίκη: Σαλτο.
- Narici, M. V., Binzoni, T., Hiltbrand, E., Fasel, J., Terrier, F., & Cerretelli, P. (1996). In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. *Journal of Physiology*, 496 (Pt 1), 287-297.
- Paasuke, M., Ereline, J., & Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 354-361.
- Sacks, R. D., & Roy, R. R. (1982). Architecture of the hind limb muscles of cats: functional significance. *Journal of Morphology*, 173(2), 185-195.
- Schluter, J. M., & Fitts, R. H. (1994). Shortening velocity and ATPase activity of rat skeletal muscle fibers: effects of endurance exercise training. *American Journal of Physiology. Cell Physiology*, 266, 1699-1713.
- Silvestre, R., West, C., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2006). Body composition and physical performance in men's soccer: a study of a National Collegiate Athletic Association Division I team. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 177-183.
- Spector, S. A., Gardiner, P. F., Zernicke, R. F., Roy, R. R., & Edgerton, V. R. (1980). Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *Journal of Neurophysiology*, 44(5), 951-960.
- Tanner, J. M. (1973). *Growth at adolescence*. Oxford: Blackwell.
- Tarbary, G. C., Tarbary, C., Tardieu, C., Tardieu, G., & Goldspink, G. (1972). Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. *Journal of Physiology (London)*, 224, 231-244.
- Viitasalo, J. T. (1988). Evaluation of explosive strength for young and adult athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59, 9-13.
- Viitasalo, J. T., Osterback, L., Alen, M., Rahkila, P., & Havas, E. (1987). Mechanical jumping power in young athletes. *Acta Physiologica Scandinavica*, 131(1), 139-145.
- Viitasalo, J. T., Salo, A., & Lahtinen, J. (1998). Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78(5), 432-440.
- Voigt, M., Dyhre-Poulsen, P., & Simonsen, E. B. (1998). Modulation of short latency stretch reflexes during human hopping. *Acta Physiologica Scandinavica*, 163(2), 181-194.

